

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LAAIEG02
LABORATÓRIO	LAAI – LABORATÓRIO DE ANÁLISES INSTRUMENTAIS
DIVISÃO	APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA): DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE MATERIAIS ORGÂNICOS; TEOR DE VOLÁTEIS E CARGAS (ORGÂNICAS E INORGÂNICAS). FAIXA DE OPERAÇÃO 30-1000°C

Descrição do STE

A análise termogravimétrica (TGA) mede a variação de massa de uma amostra, em atmosfera controlada, em função da temperatura sob aquecimento (com uma taxa constante) ou do tempo (em temperatura constante e/ou perda de massa constante). Esta técnica permite detectar alterações de massa de determinado material (ganho ou perda, usualmente como porcentagem da massa inicial) e determinar as faixas de temperatura que caracterizam uma etapa de perda ou ganho de massa.

Esta técnica é geralmente utilizada para determinar as características específicas de materiais que exibem variação de massa, relacionada por exemplo à decomposição, oxidação, perda de materiais voláteis como a umidade; bem como para determinação de resíduos, como presença de cargas inorgânicas em polímeros.

O equipamento TGA contém uma termobalança que permite a pesagem contínua de uma amostra durante sua análise. No LAAI, o equipamento utilizado é o Analisador Térmico SDT Q600 da TA Instruments, com faixa de operação de 30 a 1000°C.

A Figura 1 exemplifica uma curva de variação de massa em função da temperatura obtida por TGA para uma amostra de borracha (linha preta). Observam-se as perdas de massa em diferentes faixas de temperatura, correspondentes à decomposição térmica da borracha; obtendo-se após a decomposição dos compostos orgânicos, o valor de carga inorgânica adicionada a essa borracha, que aparece como resíduo próximo à 900°C. A primeira derivada da curva TGA com relação ao tempo (linha azul) é conhecida como curva DTG e é proporcional à taxa de decomposição da amostra.

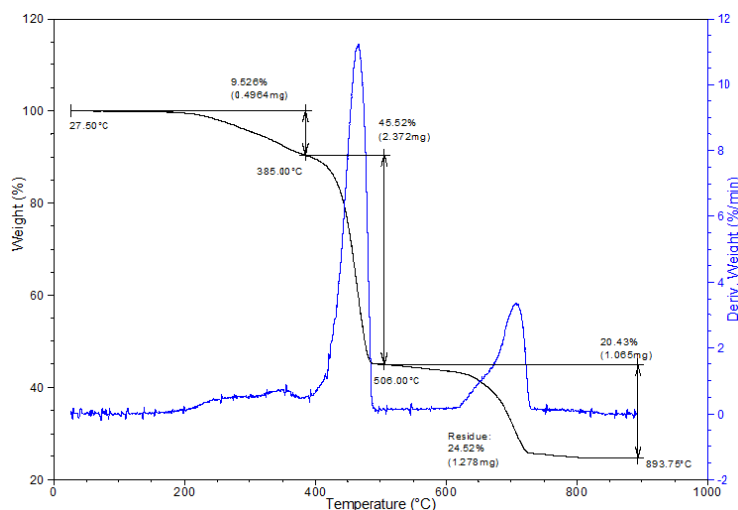


Figura 1 – Exemplo de um resultado de uma análise TGA.

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

A sequência ordenada de atividades e tarefas que serão realizadas na ICT para a prestação do serviço técnico especializado na área de termogravimetria é descrito em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

- **Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição dos parâmetros a serem utilizados nas análises e verificação da possibilidade de atendimento:** Inicialmente, por uma reunião técnica, o solicitante e a equipe da ICT definem os melhores parâmetros a serem utilizados nas análises (faixa de operação, taxa de aquecimento, tipo de porta amostra, quantidade de amostra, entre outros). Reserva-se o direito à equipe da ICT de avaliar a possibilidade de atendimento diante das condições disponíveis no laboratório, concordando ou recusando as análises. Todas as etapas de análise são discutidas, definindo-se os relatórios a serem entregues, prazos, e as reuniões de acompanhamento, se assim acordados.
- **Etapa 2. Recebimento das amostras:** Após a reunião inicial e com a definição dos parâmetros de análise, ocorre o recebimento das amostras nas condições previamente estabelecidas entre o solicitante e a equipe da ICT. As amostras são armazenadas em dessecador até a realização dos ensaios. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para a manutenção da integridade das amostras.
- **Etapa 3. Calibração do equipamento Analisador Térmico nas condições definidas na reunião inicial:** Antes das análises serem realizadas, é necessário a calibração do equipamento Analisador Térmico SDT Q600, TA Instruments, nas condições previamente acordadas entre o solicitante e a equipe da ICT. Esta calibração é realizada seguindo procedimento padrão do laboratório.
- **Etapa 4. Ensaio/análise:** Nesta etapa, acontece o ensaio termogravimétrico propriamente dito, no qual os valores da variação de massa em função da temperatura ou do tempo são medidos. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para o adequado funcionamento dos equipamentos do laboratório.
- **Etapa 5. Análise dos resultados obtidos nas análises:** Uma análise minuciosa dos resultados é realizada pela equipe do laboratório após as análises termogravimétricas. Nesta etapa, são realizados os cálculos da variação de massa em função da temperatura ou do tempo.
- **Etapa 6. Preparação de Relatórios:** Uma vez concluídas todas as etapas anteriores, a equipe da ICT procederá a confecção do relatório acordado no início do projeto com o solicitante. Juntamente com o relatório serão entregues todas as outras informações previamente acordadas entre a equipe da ICT e o solicitante, em mídias também definidas previamente.

Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de análise termogravimétrica é o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da Seção de Síntese e Caracterização (APR-PSC) da Divisão de Propulsão (APR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe a realização de pesquisas, desenvolvimento e análises físico-químicas de caracterização de propelentes, proteções térmicas, revestimentos e/ou seus componentes.

Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Pesquisadores envolvidos
Termogravimétrica (TGA): decomposição térmica de materiais orgânicos; teor de voláteis e cargas (orgânicas e inorgânicas). Faixa de operação 30-1000°C	Todo o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da ICT/IAE. Por ser a chefe do laboratório, a servidora civil <u>Silvana Navarro Cassu</u> será incumbida de chefiar as atividades do STE em análise termogravimétrica.

Tabela 2 – Número de servidores envolvidos nas etapas do STE.

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 3	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 4	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 5	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 6	1 Servidor de Nível Superior

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

O laboratório que será requerido é o Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI), disponível na infraestrutura da ICT/IAE. Reforça-se que o laboratório dispõe de servidores de nível superior e de um corpo técnico preparados para a realização do serviço técnico especializado na área de análise termogravimétrica.

Para a realização do STE, uma quantidade diversa de insumos é requerida de acordo com a especificidade do ensaio. No geral, são utilizados gás nitrogênio (< 5 ppm H₂O), porta amostras e padrões metálicos para calibração da temperatura, tais como, Índio, Zinco e Estanho. Durante a fase de alinhamento do serviço, mediante intermédio de Fundação de Apoio, é acordado quais insumos deverão ser adquiridos para o atendimento completo do pedido feito pelo solicitante do ensaio.

Para a execução deste serviço serão utilizados os equipamentos: Analisador Térmico SDT Q600 da TA Instruments, ar condicionado, termohigrômetro, compressor de ar para resfriamento do forno, reguladores de pressão com saída de 0-100 Kgf/cm² e mangueiras apropriadas para a faixa de pressão. Em geral, são utilizados também instrumentos para a preparação da amostra, tais como pinças, espátulas, alicates de corte, alicates de manuseio, tesouras, estiletes, dentre outros dependendo da especificidade da amostra. Inerentemente, são utilizados computadores, programas computacionais (software do equipamento, editor de texto e planilhas eletrônicas) para o tratamento dos resultados e para elaboração dos relatórios. São

utilizados também materiais básicos de segurança do trabalho (EPI). Os equipamentos e instrumentos utilizados variam conforme a solicitação do requisitante da análise.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas acima para uma única amostra, estima-se que os tempos de execução atendam ao cronograma disposto na Tabela 3. Em caso de duplicata e triplicata, os custos da etapa 4 é multiplicado por 2 ou 3, respectivamente. Os tempos de execução de cada etapa podem variar em função da complexidade da análise a ser atendida pelo STE.

Tabela 3 – Cronograma das etapas para execução do STE.

Etapa 1	0,5 h
Etapa 2	0,5 h
Etapa 3	2 h
Etapa 4	1 h
Etapa 5	1 h
Etapa 6	2 h

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Após a realização das análises requeridas, o laboratório emitirá o relatório final de acordo com os procedimentos padronizados pelo laboratório de acordo com as normas específicas ASTM, sempre que possível.

Formação dos custos unitários/globais do STE

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 5 – Composição de custos (H/h).

	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total	
Mão de Obra Dedicada	Etapa 1	Nível Superior	0,5	R\$ 189,81	R\$ 94,91	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 2	Nível Superior	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00	
		Nível Técnico	0,5	R\$ 109,24	R\$ 54,62	
	Etapa 3	Nível Superior	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00	
		Nível Técnico	2	R\$ 109,24	R\$ 218,48	
	Etapa 4	Nível Superior	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00	
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24	
	Etapa 5	Nível Superior	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00	
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24	
	Etapa 6	Nível Superior	2	R\$ 189,81	R\$ 379,62	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
		SUBTOTAL	R\$ 966,11			

Equipamentos (Consumo Energético e Depreciação)

Atividade	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	BMP (nº de carga)	Potência do Equipamento (kW)	Tempo de Equipamento ligado (h)	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Custo de Manutenção por hora de uso (R\$/h)	Custo do Equipamento (r\$)	TEMPO DE USO (ANOS)
ENSAIO	Dedicado	SDT Q600	686063	1,2	2	R\$1,87	7,5	480.000,00	22
	Apoio	Condicionador de ar	2135220	2	2	R\$3,12	1	4000	15
	Apoio	Datalogger		0,004	2	R\$0,01	1	3000	10
	Dedicado	Computador	670507	0,010	2	R\$0,02	1	8000	22
	Apoio	Compressor de ar		5,59	1	R\$4,36	1	35.000,00	20
				SUBTOTAL		R\$9,37		SUBTOTAL	
CALIBRAÇÃO	Dedicado	SDT Q600	686063	1,2	2	R\$1,87	7,5	480.000,00	22
	Dedicado	Computador	670507	0,010	2	R\$0,02	1	8000	22
	Dedicado	Datalogger		0,004	2	R\$0,01	1	3000	10
	Dedicado	Condicionador de ar	2135220	2	2	R\$3,12	1	4000	15
	Apoio	Compressor de ar		5,59	1	R\$4,36	1	35.000,00	20
				SUBTOTAL		R\$9,37		SUBTOTAL	
RELATÓRIO	Dedicado	Computador	670507	0,020	2	R\$0,03	1	8000	22
	Dedicado	Condicionador de ar	2135220	2	2	R\$3,12	1	4000	15
				SUBTOTAL		R\$3,15		SUBTOTAL	

Depreciação de Instalações

Atividade	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	BMP (nº de carga)	Instalação	Número / identificação do prédio	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (h)	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
ENSAIO	Dedicado	SDT Q600	686063	LAAI	E-0077	2	36,19472763
	Apoio	Condicionador de ar	2135220	LAAI	E-0077	2	0,442380004
	Apoio	Datalogger		LAAI	E-0077	2	0,497677505
	Dedicado	Computador	670507	LAAI	E-0077	2	0,603245461
	Apoio	Compressor de ar		LAAI	E-0077	0,5	0,725779695
	SUBTOTAL						
CALIBRAÇÃO	Dedicado	SDT Q600	686063	LAAI	E-0077	2	36,19472763
	Apoio	Computador	670507	LAAI	E-0077	2	0,603245461
	Dedicado	Datalogger		LAAI	E-0077	2	0,497677505
	Dedicado	Condicionador de ar	2135220	LAAI	E-0077	2	0,442380004
	Apoio	Compressor de ar		LAAI	E-0077	0,5	0,725779695
	SUBTOTAL						
RELATÓRIO	Dedicado	Computador	670507	LAAI	E-0077	2	0,603245461
	Dedicado	Condicionador de ar	2135220	LAAI	E-0077	2	0,442380004
	SUBTOTAL						

Atividade	Insumos	Custo (R\$/h)	Custo por ensaio de 2h
ENSAIO	gás de purga (nitrogênio grau analítico) custo/h	1	2
	porta amostra (custo/h)	0,58	1,16
	Subtotal	1,58	3,16
CALIBRAÇÃO	gás de purga (nitrogênio grau analítico) custo/h	1	2
	padrão (custo/h)	2,71	5,42
	porta amostra (custo/h)	0,58	1,16
	Subtotal	4,29	8,58

Tabela 6. Valores finais das etapas

CÁLCULO DO VALOR FINAL ENSAIO		CÁLCULO DO VALOR CALIBRAÇÃO		CÁLCULO DO VALOR RELATÓRIO	
Mão de Obra Dedicada	RS 368,01	Mão de Obra Dedicada	RS 218,48	Mão de Obra Dedicada	RS 379,62
Consumo de energia	RS 9,37	Consumo de energia	RS 9,37	Consumo de energia	RS 3,15
Valor de insumos	RS 3,16	Valor de insumos	RS 8,58	Valor de insumos	NA
Custo manutenção SDT Q600/h (x2h)	RS 15,00	Custo manutenção SDT Q600/h (x2h)	RS 15,00	Custo manutenção SDT Q600/h (x2h)	NA
Depreciação dos Equipamentos/h (x2h)	RS 38,46	Depreciação dos Equipamentos	RS 38,46	Depreciação dos Equipamentos (x2h)	RS 1,05
TOTAL	RS 434,00	TOTAL	RS 289,89	TOTAL	RS 383,82

Valor Total do ensaio: Valores da Tabela 5 e Tabela 6: R\$ 2.073,82

OBS: A estimativa de custo por análise foi feita considerando-se análises realizadas na faixa de temperatura de 30-1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min. Custos de análises em condições diferentes destas serão fornecidos sob consulta.

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.